

(12) NACH DEM VEREINBAR ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
31. Mai 2001 (31.05.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/38240 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: C03B 23/025, 23/203, G02B 3/00, G03B 7/00, H02N 1/00, B81B 7/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/11688

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. November 2000 (23.11.2000)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
199 56 654.2 25. November 1999 (25.11.1999) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): FRAUNHOFER GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E. V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 54, 80636 München (DE).

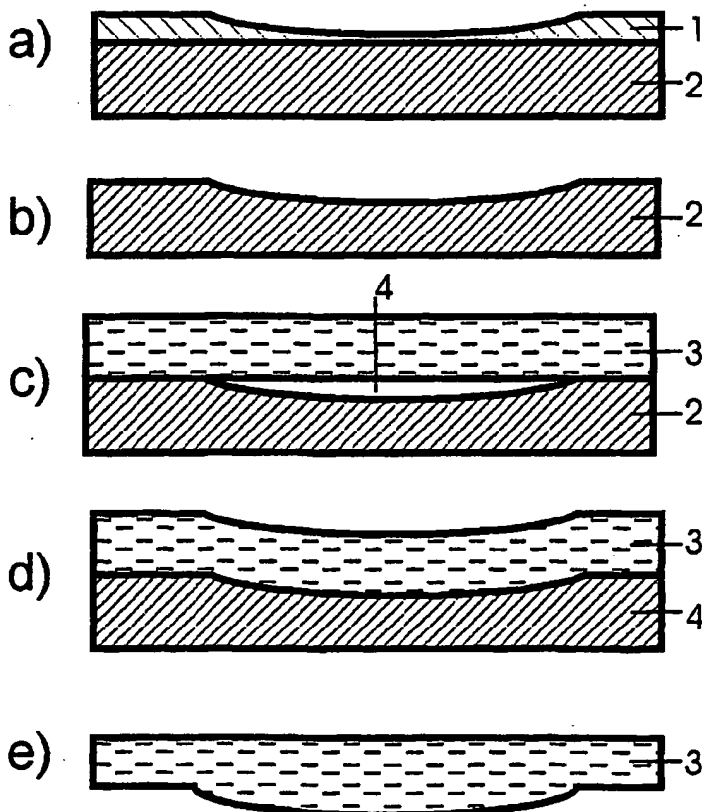
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): QUENZER, Hans-Joachim [DE/DE]; Edendorfstrasse 170, 25524 Itzehoe (DE). MERZ, Peter [DE/DE]; Holstenstrasse 15, 25557 Hanerau-Hademarschen (DE). SCHULZ, Arne, Veit [DE/DE]; Königskinderweg 130, 22457 Hamburg (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING MICROMECHANICAL AND MICRO-OPTIC COMPONENTS CONSISTING OF GLASS-TYPE MATERIALS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON MIKROMECHANISCHEN UND MIKROOPTISCHEN BAUELEMENTEN AUS GLASARTIGEN MATERIALIEN



(57) Abstract: The invention relates to a method for structuring surfaces of glass-type materials and to variations of said method, consisting of the following steps: preparing a semi-conductor substrate; structuring at least one surface of said semi-conductor substrate with recesses; and preparing a substrate consisting of a glass-type material, a structured surface of said semiconductor substrate being brought into contact with a surface of the glass-type substrate in such a way that they at least partially overlap and the connected substrate being heated by annealing, in such a way that the glass-type material flows into the recesses of the structured surface of the semiconductor substrate. The variants of the method are particularly suitable for producing micro-optic lenses and micromechanical components such as microrelays or microvalves.

(57) Zusammenfassung: Vorgeschlagen wird ein Verfahren zur Strukturierung von Oberflächen glasartiger Materialien und Abwandlungen des Verfahrens, bestehend aus den Verfahrensschritten Bereitstellen eines Halbleitersubstrats, Strukturierung mit Vertiefungen, mindestens einer Oberfläche des Halbleitersubstrates, Bereitstellen eines Substrates aus glasartigem

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

BEST AVAILABLE COPY



(74) **Anwalt:** RÖSLER, Uwe; Landsberger Strasse 480a,
81241 München (DE).

Veröffentlicht:

— *Mit internationalem Recherchenbericht.*

(81) **Bestimmungsstaaten** (*national*): JP, US.

(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Material, Verbinden des Halbleitersubstrats mit dem Substrat aus glasartigem Material, wobei eine strukturierte Oberfläche des Halbleitersubstrats mit einer Oberfläche des glasartigen Substrats mindestens teilweise überdeckend zusammengeführt wird und die verbundenen Substrate durch Tempern derart erhitzt werden, dass ein Hineinfließen des glasartigen Materials in die Vertiefungen der strukturierten Oberfläche des Halbleitersubstrates stattfindet. Die Verfahrensvarianten eignen sich insbesondere zur Herstellung von mikrooptischen Linsen und mikromechanischen Bauteilen, wie Mikrorelais oder Mikroventilen.

Verfahren zur Herstellung von mikromechanischen und mikrooptischen Bauelementen aus glasartigen Materialien

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von mikromechanischen und mikrooptischen Bauelementen und/oder Funktionselementen aus glasartigen Materialien, welches durch Ausnutzung der Fließeigenschaften des Glases die

- 5 Abformung von strukturierten Substratoberflächen in Glas mit Standardverfahren der Halbleitertechnologie ermöglicht. Unter Funktionselement wird dabei ein erfindungsgemäß oberflächenstrukturiertes Substrat aus glasartigem Material verstanden, welches in weiterführenden Verfahrensschritten Verwendung findet.
- 10 Formgebungsverfahren, z.B. in einkristallinem Silizium sind in der Halbleitertechnologie, als Standardverfahren, weit verbreitet. Für transmissive mikrooptische Bauelemente wie Linsen, optische Gitter oder Strahlformer eignen sich jedoch Halbleitermaterialien nur bedingt. Silizium ist z.B. im sichtbaren Wellenlängenbereich des Lichtes stark absorbierend. So werden optische
- 15 Bauelemente für Wellenlängen zwischen 380 nm und 760 nm aus glasverwandten Materialien hergestellt. Die zahlreichen vorteilhaften Materialeigenschaften des Glases, wie z.B. ein geringer thermischer Ausdehnungskoeffizient oder hohe mechanische und chemische Stabilität werden auch bei mikromechanischen Bauelementen vorteilhaft eingesetzt. Der Herstellung solcher Bauelemente sind
- 20 jedoch dahingehend Grenzen gesetzt, dass hinsichtlich der Mikrostrukturierung von

glasartigen Materialien nur bedingt geeignete Verfahren zur Verfügung stehen. Insbesondere fallen die Standardverfahren aus der Halbleitertechnologie aus, da für glasartigen Materialien keine geeigneten Ätzverfahren mit vergleichbaren Strukturhöhen bekannt sind.

5

Stand der Technik

Für die Herstellung von mikrooptischen sowie mikromechanischen Bauelementen werden gemäß dem Stand der Technik mechanische Verfahren wie Schleifen,

10 Sägen, Polieren und Ritzen angewandt (z.B. Echelette-Gitter). Dadurch ist jedoch sowohl die Genauigkeit als auch die Formvariation stark eingeschränkt.

Das für die Massenproduktion von makroskopischen Gegenständen eingesetzte Heißprägen von Glas eignet sich nicht zur Produktion von mikrooptischen oder mikromechanischen Bauelementen im Größenbereich unter einem Millimeter, da es

15 an geeigneten Materialien für die Herstellung der Prägeformen mangelt und das Ablösen des Glases von der Prägeform zu schlechten Oberflächenqualitäten führt.

Ein Verfahren zur Herstellung von Mikrooptiken beruht auf der Erzeugung von dreidimensionalen Strukturen in Lack mit Hilfe der Grautonlithographie sowie anschließender Übertragung der Struktur in das darunter liegende Glassubstrat mit

20 einem RIE-Plasmaprozess (US 5310623).

Ein weiteres Verfahren zur Herstellung von Mikrolinsen sowie Mikrolinsenarrays benutzt Lackarrays, die angeschmolzen werden und somit linsenförmige

Topographien ausbilden, die darauf hin mit einem Ätzprozess in das darunter liegende Substrat übertragen werden. Beide Verfahren sind in der Bauelementhöhe

25 auf einige zehn Mikrometer und damit auch in der lateralen Dimension beschränkt.

Außerdem erhöht der Ätzprozess die Oberflächenrauigkeit.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde Verfahren zur Strukturierung von
5 Oberflächen mikromechanischer und/oder mikrooptischer Bauteile und/oder
Funktionselemente aus Glas oder glasartigen Materialien anzugeben, welche die
präzise und kostengünstige Formgebung der Elemente bis in den sub- μm -Bereich
ermöglichen, wobei die Höhe der Elemente bis zu einigen hundert Mikrometer
betragen kann sowie mit dem Verfahren hergestellte Elemente bereitzustellen.

10

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die Aufgabe durch die Merkmale der
Ansprüche 1 bis 3 gelöst. Ein mit dem Verfahren hergestelltes Bauelement bzw.
Funktionselement ist im Anspruch 22 angegeben.

15 Die bevorzugten Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Das erfindungsgemäße Verfahren verwendet Standardlithographie- und Ätzverfahren
zur Herstellung von Negativformen (Masterstrukturen) aus einem Substrat, bevorzugt
ein Halbleitersubstrat, z.B. aus Silizium.

20 Im Folgenden wird ohne Beschränkung der Allgemeinheit von einem
Halbleitersubstrat gesprochen. Durch die Kombination von
Standardverbindungstechniken, bevorzugt dem anodischen Bonden mit einem
Fließprozess bei erhöhter Temperatur werden die Masterstrukturen in Glas oder
glasverwandte Materialien übertragen. Die Negativformen haben eine zu der
25 gewünschten Oberflächenstruktur des Glasmaterials spiegelbildliche
Oberflächenstruktur, d.h. dort wo sich auf der Oberfläche des Halbleitersubstrates
Vertiefungen befinden werden im Glasmaterial auf der dem Halbleitersubstrat

zugewandten Oberfläche Überhöhungen erzeugt. Die Negativformen werden bevorzugt aus einkristallinem Silizium hergestellt. Dazu stehen durch die Kombination von Lithographieprozessen mit naßchemischen isotropen sowie anisotropen Ätzverfahren und diversen Trockenätzverfahren eine große Zahl von Möglichkeiten zur Prozessierung fast beliebiger Oberflächenstrukturen zur Verfügung.

In ähnlicher Weise können optische Linsen mit einer äußerst geringen Oberflächenrauigkeit und einer Größe unter einem Millimeter erzeugt werden. Bei geringeren Temperaturen oder kürzeren Temperzeiten senkt sich das glasartige Material langsam in die Hohlräume auf dem Substrat und bildet definierte, linsenförmige Oberflächen aus. Die Hohlräume können durch Kanalsysteme miteinander verbunden sein, um überall den selben Prozessdruck zu gewährleisten. Die Einsinktiefe, die die Brennweite einer derartig hergestellten Linse bestimmt, kann durch Temperatur, Druck und Temperzeit exakt eingestellt werden. Ein anschließender Polierschritt gleicht die auf der vom Substrat abgewandten Seite entstehenden Dellen aus, so dass nach dem Wegätzen des Substrats Mikrolinsen und Mikrolinsenarrays in beliebiger Formvariation auf dem Glas vorhanden sind. Bevorzugt wird für das Verfahren allgemein Bor-Silikat-Glas, z.B. Pyrex®-Glas, eingesetzt. Da dieses ein geringes, der thermischen Ausdehnung von Silizium entsprechendes, thermisches Ausdehnungsverhalten besitzt. Die Verbindung zwischen dem Glas und dem Halbleitersubstrat bleibt dann beim Tempern besonders stabil. Unter glasartigem Material sind jedoch alle Materialien zu verstehen, welche die günstigen Materialeigenschaften von Glas mindestens teilweise besitzen und durch Temperaturerhöhung, und/oder unter Einwirkung einer Druckdifferenz, viskose Fließeigenschaften aufweisen, wie z.B. Glaskeramiken.

Das erfindungsgemäße Verfahren besteht aus der folgenden Prozessfolge:

- Mit herkömmlichen Lithographieprozessen werden digitale oder kontinuierliche Strukturen in einen photosensitiven Lack übertragen, der auf einem Halbleitersubstrat, bevorzugt einem einkristallinem Siliziumwafer, aufgebracht ist.
- 5 Mit der in der Halbleiterindustrie üblichen Kontakt- oder Projektionsbelichtung stehen Standardverfahren zur Übertragung von digitalen Strukturen zur Verfügung. Mit Hilfe der Grautonlithographie können fast beliebig geformte Oberflächen strukturiert werden. Nach dem Belichten wird in einem Entwicklerbad das nicht belichtete Lackvolumen entfernt.
- 10 • Durch Ätzprozesse wird die Topographie des Lackes auf das Halbleitersubstrat übertragen. Dies kann sowohl durch nasschemische Ätzverfahren (z.B. Ätzen in Bädern welche Wasserstoff-Fluor-Verbindungen enthalten) als auch durch Trockenätzverfahren (Plasma Etch, Reactive Ion Etch) geschehen.
- Das strukturierte Halbleitersubstrat wird mit einem Substrat aus einem glasartigen
15 Material (Glassubstrat), z. B. einem Pyrex[®]-Wafer bevorzugt mit dem anodischen Bond- Verfahren verbunden, so dass eine hermetisch dichte Verbindung zwischen dem Halbleitersubstrat und dem Glassubstrat entsteht. Dies geschieht unter Vakuum ähnlichen Bedingungen, bzw. unter Unterdruck. Nach dem Bonden ist der Druck, welcher während des Bondens in der Prozesskammer herrschte, in den
20 Vertiefungen der Oberflächenstruktur des Halbleitersubstrats konserviert. Bei der Technik des anodischen Bondens werden zwei hochplanare Substrate auf einer sogenannten Hot Plate erhitzt, wobei es sich um jeweils ein leitendes (z.B. Halbleitersubstrat) und ein nicht leitendes Substrat (z.B. Glassubstrat) handelt. Zusätzlich wird eine Spannung von bis zu 1000 Volt zwischen den Substraten
25 angelegt. Befindet sich der negative Pol am Glassubstrat, so wandern die in der Glasmatrix vorhandenen positiven, beweglichen Ionen (z.B. Natrium, Kalium, Bor, Schwefel) in Richtung Kathode. Die unbeweglichen, ortsfesten Sauerstoffionen

bilden an der Grenze zum Halbleitersubstrat eine negative Raumladungszone. Die resultierende elektrostatische Kraft führt zu einem engen Kontakt der beiden angrenzenden Substratoberflächen. Zusammen mit der Wirkung erhöhter Temperatur führt dies zur Bildung von chemischen Bindungen zwischen den Atomen der Leiter- und Nichtleitersubstrate. Wird zusätzlich eine äußere Anpresskraft auf die Substrate ausgeübt, so führt dies zu einer Verstärkung der Bindung.

- Durch anschließendes Tempern, bevorzugt bei Normaldruck, wird das Glasmaterial über dessen Glastemperatur erhitzt. Das Glasmaterial füllt dabei, resultierend aus seinen dann plastischen Eigenschaften, die Öffnungen in der strukturierten Oberfläche des Halbleitersubstrats aus. Die Temperzeit und -temperatur muss dabei so groß sein, dass, bei den gegebenen relativen Druckverhältnissen zwischen dem Druck der Atmosphäre im Temperofen und dem, in den Vertiefungen der Halbleitersubstratoberfläche, konserviertem Druck während des Bondens, das Glasmaterial soweit in die Vertiefungen hineinfließt, dass eine Abformung der Halbleiteroberflächenstruktur erreicht wird. Die treibende Kraft gegen den viskosen Widerstand der plastischen Glasmaterialmasse bildet der in den Öffnungen vorhandene Unterdruck gegenüber der Atmosphäre im Temperofen. Bei identischer Temperatur und Prozesszeit haben die Materialeigenschaften des Glassubstrats den größten Einfluss auf die Ausprägung und Genauigkeit der Abformung. Insbesondere die genaue Zusammensetzung des Glases, wie z.B. die Dotiermenge und -art (z.B. Bor, Phosphor) beeinflussen sein viskoses Verhalten. Weiter hängt das Abformverhalten von der Qualität des Vakuums während des anodischen Bondens ab.

- Durch den Materialfluss können an der vom Halbleitersubstrat abgewandten Oberfläche des Glassubstrats Unebenheiten entstehen. Diese Unebenheiten entstehen insbesondere, wenn das Glassubstrat relativ zu den abzuformenden

Strukturen auf dem Halbleitersubstrat eine geringe Dicke aufweist. Je dicker das Glassubstrat, desto geringere Unebenheiten entstehen auf der vom Halbleitersubstrat abgewandten Oberfläche des Glassubstrats. Diese werden sofern sie unerwünscht sind durch Schleif- und/oder Polierprozesse entfernt.

- 5 Insofern eine Trennung des prozessierten Glassubstrats vom Halbleitersubstrat gewünscht wird, kann zur Trennung des prozessierten Glassubstrats vom Halbleitersubstrat ein Standardätzprozess verwendet werden, bei dem das Silizium komplett weggeätzt wird und die Glasmatrix erhalten bleibt. Dazu eignen sich verschiedene Chemikalien wie z.B. Tetramethylammoniumhydroxid (TMAH)
10 oder Xenondifluorid (XeF_2).

- In einer Prozeßvariante können refraktive Linsen und Linsenarrays durch ein teilweises Hineinfließen in eine Siliziumstruktur hergestellt werden. Dazu werden in dem Halbleiterwafer Vertiefungen nass- oder trockenchemisch hineingeätzt, welche
15 so dimensioniert sind, dass die nach dem Tempern die Linsen bildenden Auswölbungen im Glassubstrat die Vertiefungswände nicht berühren. Beim Tempern bevorzugt bei Normaldruck des, unter Vakuum bzw. Unterdruck, mit dem Halbleitersubstrat verbundenen Glassubstrats wird dieses auf 600 bis 800 Grad Celsius aufgeheizt. Im Unterschied zu dem vorbeschriebenen Prozess wird der
20 Vorgang des Hineinsinkens des Glassubstrats in die vorbereiteten Vertiefungen des Halbleitersubstrats durch abkühlen gestoppt, wenn der gewünschte Grad des Hineinfließens, also die gewünschte z.B. Linsenform, erreicht ist. Anschließend, nach abkühlen, kann die vom Halbleitersubstrat abgewandte Seite des Glassubstrats planiert werden und die Linsen können durch Abätzen des Halbleitersubstrats
25 freigelegt werden.

Eine weitere Abwandlung des Prozesses ist insbesondere für die Strukturierung mikromechanischer Bauelemente interessant. Beispielsweise kann diese Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens bei der Herstellung von gekrümmten Oberflächen für die Realisierung von effektiven elektrostatischen Aktuatoren für den Betrieb mit niedriger Spannung, wie diese z.B. für den Aufbau von Mikrorelais oder Mikroventilen benötigt werden, zum Einsatz kommen. Dazu kann in vorteilhafter Weise ausgenutzt werden, daß sich beim Hineinfließen des Glasmaterials in die Vertiefungen des Halbleitersubstrats auf der von dem Halbleitersubstrat abgewandten Oberfläche des Glassubstrats, immer sehr glatte und geschwungene Oberflächenformen ausbilden.

In Abwandlung des beschriebenen Verfahrens wird nicht die vom Halbleitersubstrat abgewandte Oberfläche des Glassubstrates nach dem Erkalten planiert, sondern für die Herstellung der mikromechanischen Bauelemente weiter verwendet. Die Oberfläche des Glassubstrates welche mit dem Halbleitersubstrat verbunden wurde kann nach wegätzen des Halbleitersubstrates planiert. Für diese Anwendungen ist das Wegätzen des Halbleitersubstrates nicht zwingend notwendig. Auf der vom Halbleitersubstrat abgewandte Oberfläche des Glassubstrates werden die weiteren Herstellungsschritte des/der mikromechanischen Bauelements/e aufgebaut.

Im Falle eines elektrostatischen Aktuators werden zunächst die Antriebselektroden in den geschwungenen Gruben des Glasmaterials hergestellt. Anschließend wird eine dünne Schicht über die Gruben mit diesen Elektroden gespannt und strukturiert. Dies kann beispielsweise durch das anodische Bonden eines Siliziumwafers (z.B. Silicon On Isolater-Wafer) auf die Oberfläche des Glases geschehen, welcher daraufhin bis auf eine dünne Schicht zurückgeschliffen und/oder geätzt wird.

Die auf die beschriebene Weise produzierten Formen in Glas oder glasartigen Materialien können als Funktionselement wiederum eine Masterstruktur für die Herstellung von Präge- und/oder Spritzgussformen, z.B. Nickelformen beim Spritzgussverfahren bilden. Dazu wird bevorzugt die durch teilweises Einfließen des

5 Glases in die Oberflächenstruktur des Halbleitersubstrats erzeugte Glasform in einem Galvanikprozess in Metall, bevorzugt einer Nickellegierung abgeformt. Das Metall wird dabei auf der abzuformenden Oberfläche aus einer Lösung heraus abgeschieden. Die so hergestellte Metallabformung stellt, nachdem die Glasform abgelöst und/oder weggeätzt ist, die Masterform für im Präge- und/oder

10 Spritzgussverfahren herzustellende oberflächenstrukturierte Produkte aus Materialien die für eine derartige Verwendung geeignet sind, z.B. Kunststoff, dar.

Die vorstehend beschriebenen Prozessvarianten basieren auf ein gezieltes lokales Einfließen von erweichtem glasartigem Material in die Bereiche der Vertiefungen des

15 jeweils vorzugsweise aus einem Halbleitermaterial, bspw. Si-Wafer, bestehendem ersten Substrats. Demgegenüber sieht eine dritte Prozessvariante zur Strukturierung von Oberflächen mikromechanischer und/oder mikrooptischer Bauteile und/oder Funktionselemente aus glasartigen Materialien vor, das erste Substrat mit dem zweiten Substrat derart mindestens teilweise überdeckend zusammenzuführen, so

20 dass ein Medium, vorzugsweise gasförmiges Medium, in das eingeschlossene Volumen der Vertiefungen eingebracht wird, das sich bei Erwärmung, d.h. beim nachfolgenden Tempervorgang, ausdehnt. Die Folge hiervon ist, dass das erweichte glasartige Material lokal im Bereich der Vertiefungen von dem in dem eingeschlossenen Volumen herrschenden Überdruck regelrecht verdrängt wird,

25 sodass sich in der Oberfläche des zweiten Substrates, die unmittelbar den Vertiefungen gegenüberliegt, Einbuchtungen in Form von konkaven Geometrien

ausbilden, die in einer praktischen Anwendungsform als optische Zerstreuungslinsen verwendbar sind.

In allen vorstehenden Prozessvarianten gilt es das erste Substrat vom zweiten

- 5 Substrat nach Beendigung des formgebenden Temperschlittes und Erkalten des glasartigen zweiten Substrates bei Bedarf zu trennen. Grundsätzlich ist es möglich das erste Substrat, das zumeist als Halbleitermaterial ausgebildet ist, gezielt einem Ätzzvorgang zu unterziehen, wodurch es einerseits vom zweiten Substrat getrennt wird, andererseits aber unwiederbringbar zerstört wird. Dies jedoch ist aus
- 10 Kostengründen nicht besonders anstrebenswert.

Sieht man hingegen eine die Struktur des ersten Substrates erhaltende Trennschicht zwischen dem ersten und dem zweiten Substrat vor, so kann das strukturierte Halbleitersubstrat auch unbeschadet und für weitere, anschließende, formgebende

15 Prozesse wiederverwendet werden. Durch Aufbringen einer geeigneten Trennschicht kann vermieden werden, daß das vorzugsweise als Siliziumwafer ausgebildete erste Substrat beim abschließenden Entfernen zerstört werden muß.

Dazu sind mehrere Vorgehensweisen möglich:

- a) Auf dem Si-Wafer wird eine Kohlenstoffschicht (auch Diamant oder
- 20 Diamantähnliche, SiC) aufgebracht, die ein Ankleben des glasartigen Materials des zweiten Substrates, das vorzugsweise als Glaswafer ausgebildet ist, am Siliziumwafer unterbindet. Die Verbindung des Si-Wafers mit dem Glaswafer wird vorzugsweise durch einen Ring aus einem Lot erreicht, der die beiden Wafer am Waferrand vakuumdicht verbindet. Zwar wird das Lot bei der Prozesstemperatur
- 25 während des Temperns, bei der das Glasfließen stattfindet flüssig, die schlechte Benetzung der unbeschichteten Glas bzw. Kohlenstoffschichten verhindert jedoch, daß das Lot zu weit zwischen die Wafer eindringen kann.

Die Trennung der beiden Wafer kann entweder mechanisch erfolgen oder der Lotring kann durch Ätzen entfernt werden und die Kohlenstoffschicht durch einen Oxidationsprozess (ca. 400 – 500°C unter Sauerstoff).

Vor einen weiteren Einsatz des Siliziumwafers müssen unter Umständen diese

5 Trennschicht erneut aufgetragen werden.

b) Auf dem Si-Wafer wird eine Haftvermittlungsschicht aus einem geeigneten Metall aufgebracht z.B. Tantal. Auf dieser Schicht wird ein weiteres Metall aufgebracht, z.B. Zinn. Zinn verhindert ebenfalls ein Ankleben des Glases am Silizium. Die Trennung der beiden Wafer kann durch Erhitzen des Zinns mechanisch erfolgen oder durch

10 Herausätzen der Metallschicht.

c) Auf dem Siliziumwafer wird eine zweite Schicht aufgebracht, auf die direkt der Glaswafer anodisch gebondet werden kann. Beispiele hierfür wären Silizium, oder Titan. Am Ende des gesamten Prozesses wird diese Opferschicht durch Ätzen entfernt. Um zu verhindern, dass der ursprüngliche Si-Wafer angegriffen wird, kann

15 der Si-Wafer mit geeigneten Schichten versehen werden z.B.: Siliziumnitrid, Siliziumcarbid.

Die Abformung von strukturierten Substratoberflächen, z. B.

Siliziumscheibenoberflächen, in Glas stellt ein wichtiges und zukunftsträchtiges

20 Verfahren für die Herstellung von z. B. mikrooptischen Bauelementen dar. Es werden unter Ausnutzung der Oberflächentopographie von einer Masterstruktur, bevorzugt aus Silizium, welche unter Einbeziehung der Vorteile der Halbleitertechnologie hergestellt wird, Strukturen bis in den sub- μ m-Bereich auf glasartige Materialien exakt übertragen. Die vorteilhaften optischen, mechanischen und chemischen

25 Eigenschaften z.B. von Glas können so den exakten Formgebungsverfahren und den

vielfältigen Strukturierungsmöglichkeiten und -prozessen der Halbleitertechnologie zugänglich gemacht werden. Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus der Tatsache, dass die Negativform nach Formgebung des Glases durch einen das Glas mechanisch nicht belastenden Ätzprozess entfernt wird. Dadurch lassen sich sehr tiefe Strukturen im Glas realisieren, wie dies aufgrund der mechanischen Belastung beim Prägen nie erreicht werden kann.

Das Verfahren besteht aus einer Kombination von Verfahrensschritten welche durch die Massenanwendung innerhalb der Halbleitertechnologie durch parallele Fertigung (Batch-Verfahren) besonders kostengünstig, effizient und mit einem hohen Reinheits- und Genauigkeitsgrad angewendet werden. Dadurch übertragen sich diese Vorteile auf das erfindungsgemäße Verfahren.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Die vorliegende Erfindung wird ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen detailliert beschrieben.

- Fig. 1 schematische Prozessfolge zur Abformung einer in einem Halbleitersubstrat prozessierten strukturierten Oberfläche auf ein Glasartiges Material,
- Fig. 2 schematische Prozessvariante, bei der durch teilweises Hineinfließen des Glasmaterials in auf einem Halbleitersubstrat vorbereitete Vertiefungen beispielsweise ein Linsensystem hergestellt wird,
- Fig. 3 Prozessvariante zur Herstellung eines mikromechanischen Bauelements
- Fig. 4 Beispiel für ein nach dem Erfindungsgemäßen Verfahren hergestelltes mikromechanisches elektrostatischen Aktuator,

Fig. 5 Prozessvariante zur Herstellung eines zweiseitig mikrostrukturierten
Glassubstrats und

Fig. 6 Prozessvariante zur Herstellung von Mikrozerstreuungslinsen.

5 **Darstellung zu Wegen von Ausführungsbeispielen**

In Fig. 1 sind verschiedene Herstellungsstufen einer mikrostrukturierten Glasoberfläche unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Abbildung einer strukturierten Siliziumoberfläche dargestellt. Es handelt sich um Herstellungsstufen nach Abschluss der folgenden Verfahrensschritte:

10

- a) Strukturzeugung im Photolack (1)
- b) Strukturübertragung durch ätzen des Lacks und der Oberfläche des Siliziumwafers (2)

15

- c) Anodisches Bonden eines Pyrex[®]-Glaswafers (3) auf die Siliziumoberflächenstrukturen mit Vertiefungen (4), bevorzugt unter vakuumähnlichen Bedingungen.

20

- d) Tempern und Hineinfließen des Glases in die Siliziumoberflächenstrukturen unter Überdruckeinwirkung und/oder bedingt durch den Druckunterschied zwischen der Ofenatmosphäre und der in den Siliziumoberflächenvertiefungen konservierten

Druckverhältnisse beim anodischen Bonden

- e) Schleifen und Polieren der vom Silizium abgewandten Oberfläche des Glases nach Erkalten und darauffolgendes Wegätzen des Siliziums in z.B. Tetramethylammoniumhydroxid.

25

Um die beim Fliessprozess entstehenden Unebenheiten der Glaswafer-Rückseite gar nicht erst entstehen zu lassen, kann alternativ nach dem Bonden des Glaswafers mit dem strukturierten Siliziumwafer ein zweiter, planarer Siliziumwafer auf die Rückseite des Glaswafer durch einen zweiten anodischen Bondprozess aufgebracht werden.

Da Silizium eine hohe thermische Stabilität aufweist und die Glaswaferrückseite beim anodischen Bonden chemisch mit dem Rückseiten-Siliziumwafer verbunden wird, wirkt sich dieser Verbund beim anschließenden Fließprozess homogenisierend auf die Rückseite aus. Die Rückseite bleibt somit planar. Beim Entfernen des

5 Vorderseiten-Siliziumwafer kann dann gleichzeitig der Rückseiten-Siliziumwafer entfernt werden.

In Fig. 2 sind verschiedene Herstellungsstufen einer mikrostrukturierten Glasoberfläche unter Anwendung einer Abwandlung des erfindungsgemäßen

10 Verfahrens, der Erzeugung eines Mikrolinsenarrays in Glas dargestellt. Es handelt sich um Herstellungsstufen nach Abschluss der folgenden Verfahrensschritte:

- a) Strukturierung der Oberfläche des Siliziumwafers (2) mit Vertiefungen
- b) Anodisches Bonden eines Pyrex[®]-Glaswafers (3) auf die
Siliziumoberflächenstrukturen mit Vertiefungen (4), bevorzugt unter
- 15 vakuumähnlichen Bedingungen
- c) Tempern und teilweises Hineinfließen des Glases in die
Siliziumoberflächenstrukturen, ohne Berührung des Bodens der Vertiefungen im Silizium
- d) Entfernen des Siliziumwafers bevorzugt durch Ätzen
- 20 e) Abschleifen und/oder polieren der vom Silizium abgewandten Oberfläche des Glas-Wafers.

Die Prozessschritte d) und e) können dabei auch in umgekehrter Reihenfolge angewandt werden.

25

In Fig. 3 sind verschiedene Herstellungsstufen einer mikrostrukturierten Glasoberfläche unter Anwendung einer weiteren Abwandlung des

erfindungsgemäßen Verfahrens, wie es bevorzugt zur Herstellung von Mikromechanischen Bauteilen eingesetzt wird, dargestellt. Es handelt sich um Herstellungsstufen nach Abschluss der folgenden Verfahrensschritte:

- a) Strukturierung der Oberfläche des Siliziumwafers (2) mit Vertiefungen
- 5 b) Anodisches Bonden eines geeigneten Glases wie z.B. Pyrex[®]-Glaswafers (3) auf die Siliziumoberflächenstrukturen mit Vertiefungen (4), bevorzugt unter vakuumähnlichen Bedingungen
- c) Tempern und teilweises Hineinfließen des Glases in die Siliziumoberflächenstrukturen, ohne Berührung der Wände der Vertiefungen im
10 Silizium
- d) Entfernen des Siliziumwafers bevorzugt durch ätzen
- e) Abschleifen und/oder polieren der Oberfläche des Glas-Wafers welche mit dem Siliziumwafer verbunden war.

Die Prozessschritte d) und e) können dabei auch in umgekehrter Reihenfolge
15 angewandt werden oder es kann ganz auf sie verzichtet werden.

Zum Erhalt der sich an der dem Si-Wafer (2) abgewandten Oberseite des Glaswafers (3) im Wege des Tempervorganges ausbildenden konkaven Einbuchtungen, die wie im weiteren ausgeführt wird, für interessante technische Anwendungen dienen, sollte
20 die strukturierte Oberfläche des Si-Wafers (2) Vertiefungen mit Strukturbreiten B und das der Glaswafer (3) eine Dicke D aufweisen für die gilt:

$$B \geq 0,1 \cdot D$$

Auf diese Weise ist sichergestellt, dass sich der Materialfluss in die Vertiefungen auch in entsprechend gewünschter Weise auf der gegenüberliegenden Seite des Glaswafers (3) auswirkt und zu den konkaven Einbuchtungen führt.

- 5 In Fig. 4 ist ein mikromechanischer elektrostatischer Aktuator im Querschnitt dargestellt, wie er beispielsweise als Mikroventil oder Mikrorelais zum Einsatz kommt und nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wird. Dazu wird die Prozessfolge, wie sie in Fig.3 dargestellt ist eingesetzt. Der elektrostatische Aktuator besteht aus einem Glassubstrat (3) mit einer erfindungsgemäß hergestellten
- 10 Vertiefung (4). Mit einem Standardverfahren der Halbleitertechnologie werden bevorzugt metallische gekrümmte Elektroden (6) in den Vertiefungen als Schicht aufgebracht. Daraufhin wird eine elektrisch leitfähige elastische Membran (Aktor) über die Vertiefungen mit den Elektroden gespannt. Dies kann durch Anodisches Bonden eines Siliziumwafers oder eines Silicon On Isolator (SOI) Wafers auf das
- 15 Glassubstrat und darauffolgendes Dünnen des Wafers auf eine Dicke von wenigen Mikrometern geschehen. Die Membran besteht dann aus einer gegen die Elektroden mit einer Isolatorschicht (7) isolierten Siliziumschicht (8). Legt man eine Spannung zwischen der Siliziumschicht und den Elektroden an, so wird die Membran an die Elektrode gezogen und das Mikroventil /Mikrorelais geschaltet.

20

- In Figur 5 sind Prozeßschritte zur Herstellung eines zweiseitig strukturierten Glassubstrates dargestellt. Im Schritt b) wird auf den strukturierten Si-Wafer (2) ein Glaswafer (3) aufgebracht. Im Schritt bb) wird ein weiterer strukturierter Si-Wafer (2) auf den Glaswafer (3) aufgebracht. Wie auch in den vorstehenden Prozessen erfolgt
- 25 die innige Verbindung zwischen dem Si-Wafer (2) und den Glaswafern (3) vorzugsweise mittels anodischen Bonden. Sorgt man dafür, dass in den Zwischenräume ein Unterdruck herrscht, so fließt das Glasmaterial des Glaswafers

(3) beidseitig während des Tempervorganges (c) in die Vertiefungen des Si-Wafers (3). Nach entsprechender Entfernung der Si-Waferschichten (2), bspw. mittels Ätzen, vom Glaswafer (3) erhält man das gewünschte zweiseitig mikrostrukturierte Bauteil, das weiteren Verarbeitungsschritten zur Verfügung steht.

5

In Figur 6 ist die Herstellung eines mit Einbuchtungen versehenen Glassubstrat (3) dargestellt. Im Schritt b) wird auf den strukturierten Si-Wafer (2) ein Glaswafer (3) aufgebracht. Wie auch in den vorstehenden Prozessen erfolgt die innige Verbindung zwischen dem Si-Wafer (2) und den Glaswafern (3) vorzugsweise mittels anodischen

10 Bonden. Von besondere Bedeutung ist im Falle der Figur 6, dass vor dem innigen Verbinden der Wafer in die eingeschlossenen Zwischenräume ein Medium, vorzugsweise ein gasförmiges Medium eingebracht wird, das sich bei Erwärmung ausdehnt. So wird beim anodischen Bonden der beiden Wafer ein Gas mit einem Partialdruck eingeschlossen, bspw. Luft oder Stickstoff. Übersteigt der Partialdruck innerhalb der Zwischenräume beim anschließendem Fliessprozess unter erhöhten
15 Temperaturen den umgebenden Atmosphärendruck, so senkt sich die Glasoberfläche nicht in die freigeätzten Waferflächen hinein, sondern wird von dieser regelrecht weggedrückt. Es entstehen Eindrücke im Glaswafer. Die Tiefe dieser Eindrücke ist abhängig von dem ursprünglichen Bonddruck, dem Atmosphärendruck, der Prozesstemperatur sowie der Glastemperatur T_G des Glaswafers. Die
20 entstehenden Strukturen können zum Beispiel als Zerstreuungslinsen Verwendung finden.

Denkbar ist folglich auch eine Kombination von den in den Figuren 5 und 6

25 beschriebenen Prozessen. Somit könnten Linsen hergestellt werden, die konkave und konvexe Flächen besitzen.

Bezugszeichenliste

- 1 Photolack
- 2 Siliziumwafer, im Allgemeinen erstes Substrat
- 5 3 Glassubstrat
- 4 Oberflächenstruktur des ersten Substrats, mit Vertiefungen
- 5 Vertiefung
- 6 metallische gekrümmte Elektrode
- 7 Isolatorschicht
- 10 8 Siliziumschicht

Patentansprüche

1. Verfahren zur Strukturierung von Oberflächen mikromechanischer und/oder mikrooptischer Bauteile und/oder Funktionselemente aus glasartigen Materialien,
5 unter Verwendung folgender Verfahrensschritte:
 - Bereitstellen eines ersten Substrats (2),
 - Strukturierung mindestens einer Oberfläche des ersten Substrates zum Erhalt von Vertiefungen (4) auf der Oberfläche,
 - Bereitstellen eines zweiten Substrates aus glasartigem Material (3),
 - 10 – Verbinden des ersten Substrats mit dem zweiten Substrat aus glasartigem Material, wobei die strukturierte Oberfläche des ersten Substrats mit einer Oberfläche des glasartigen zweiten Substrats mindestens teilweise überdeckend zusammengeführt wird,
 - Tempern der verbundenen Substrate derart, dass ein Hineinfließen des
15 glasartigen Materials in die Vertiefungen der strukturierten Oberfläche des ersten Substrates erfolgt und dadurch die dem ersten Substrat zugewandte Seite des zweiten Substrats strukturiert wird und
 - Abtrennen des zweiten Substrats vom ersten Substrat.
- 20 2. Verfahren zur Strukturierung von Oberflächen mikromechanischer und/oder mikrooptischer Bauteile und/oder Funktionselemente aus glasartigen Materialien, unter Verwendung folgender Verfahrensschritte:
 - Bereitstellen eines ersten Substrats (2),
 - Strukturierung mindestens einer Oberfläche des ersten Substrates zum Erhalt
25 von Vertiefungen (4) auf der Oberfläche,
 - Bereitstellen eines zweiten Substrates aus glasartigem Material (3),

- Verbinden des ersten Substrats mit dem zweiten Substrat aus glasartigem Material, wobei die strukturierte Oberfläche des ersten Substrats mit einer Oberfläche des glasartigen zweiten Substrats mindestens teilweise überdeckend zusammengeführt wird,
 - 5 – Tempern der verbundenen Substrate derart, dass ein Hineinfließen des glasartigen Materials in die Vertiefungen der strukturierten Oberfläche des ersten Substrates erfolgt und dadurch die dem ersten Substrat abgewandte Seite des zweiten Substrats strukturiert wird.
- 10 3. Verfahren zur Strukturierung von Oberflächen mikromechanischer und/oder mikrooptischer Bauteile und/oder Funktionselemente aus glasartigen Materialien, unter Verwendung folgender Verfahrensschritte:
- Bereitstellen eines ersten Substrats (2),
 - Strukturierung mindestens einer Oberfläche des ersten Substrates zum Erhalt
15 von Vertiefungen (4) auf der Oberfläche,
 - Bereitstellen eines zweiten Substrates aus glasartigem Material (3),
 - Verbinden des ersten Substrats mit dem zweiten Substrat aus glasartigem Material, wobei die strukturierte Oberfläche des ersten Substrats mit einer Oberfläche des glasartigen zweiten Substrats mindestens teilweise
20 überdeckend zusammengeführt wird und wobei ein gasförmiges Medium in die Vertiefungen eingebracht wird, das sich bei Erwärmung ausdehnt,
 - Tempern der verbundenen Substrate derart, dass durch Ausdehnen des gasförmigen Mediums innerhalb der Vertiefungen des ersten Substrats eine lokale Verdrängung des glasartigen Materials erfolgt, wodurch die dem ersten
25 Substrat zugewandte Seite des zweiten Substrats strukturiert wird, und
 - Abtrennen des zweiten Substrats vom ersten Substrat.

4. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch **gekennzeichnet**, dass das zweite Substrat vom ersten Substrat getrennt wird.
- 5 5. Verfahren nach Anspruch 1, 3 oder 4,
dadurch **gekennzeichnet**, dass das Abtrennen des zweiten Substrats vom ersten Substrat durch Wegätzen des ersten Substrates erfolgt.
- 10 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 3 bis 5,
dadurch **gekennzeichnet**, dass das Abtrennen des zweiten Substrates vom ersten Substrat durch Vorsehen einer Trennschicht zwischen dem ersten und zweiten Substrat erfolgt, die vor dem Zusammenführen beider Substrate auf der strukturierten Oberfläche strukturerhaltend aufgebracht wird und als Opferschicht
15 ausgebildet ist, die im Wege thermischer und/oder chemischer Einwirkung zerstört wird und ein Trennen beider Substrate voneinander ermöglicht.
7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch **gekennzeichnet**, dass als Trennschicht eine Metallschicht eingesetzt wird,
20 die einen Schmelzpunkt aufweist, der unterhalb der Schmelzpunkte der Substrate liegt.
8. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch **gekennzeichnet**, dass als Trennschicht eine oxidationsfähige Schicht
25 eingesetzt wird, die sich unter Zufuhr von Sauerstoff und/oder thermischer Energie chemisch umwandelt.

9. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch **gekennzeichnet**, dass als Trennschicht eine Kohlenstoffschicht,
Diamantschicht, diamantähnliche Schicht oder SiC eingesetzt wird.

5 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch **gekennzeichnet**, dass die strukturierte Oberfläche des ersten Substrates
Vertiefungen mit Strukturbreiten B und das zweite Substrat eine Dicke D aufweist
und dass in etwa gilt:

10
$$B \geq 0,1 \cdot D$$

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
15 dadurch **gekennzeichnet**, dass es sich bei dem ersten Substrat um ein
Halbleitersubstrat und/oder, dass es sich bei dem glasartigen Material um ein Bor-
Silikat-Glas handelt.

12. Verfahren nach Anspruch 10,
20 dadurch **gekennzeichnet**, dass es sich bei dem Halbleitersubstrat um ein
Siliziumsubstrat und/oder, dass es sich bei dem Bor-Silikat-Glas um Pyrex®-Glas
handelt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
25 dadurch **gekennzeichnet**, dass die Verbindung des ersten Substrats mit dem
zweiten Substrat aus glasartigem Material durch anodisches Bonden erfolgt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 4 bis 13,

dadurch **gekennzeichnet**, dass ein während des Verbindungsprozesses herrschender Unterdruck, nach der Verbindung, in den Vertiefungen der Oberfläche des ersten Substrats, zwischen erstem Substrat und dem zweiten Substrat aus glasartigem Material konserviert wird.

5

15. Verfahren einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch **gekennzeichnet**, dass während des Temperns ein Überdruck auf die vom ersten Substrat abgewandte Oberfläche des zweiten Substrates aus glasartigem Material einwirkt.

10

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 4 bis 15, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Temperprozess durch Steuerung der Temperatur und der Dauer derart ausgeführt wird, dass das Hineinfließen des glasartigen Materials in die Vertiefungen des ersten Substrats bei einer gewünschten

15 Einfließtiefe gestoppt wird, ohne dass das eingeflossene glasartige Material den Boden der Vertiefungen berührt.

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Druck während und/oder die Temperatur und/oder die Dauer des Temperprozesses derart gewählt werden, dass eine

20 Abformung der strukturierten Oberfläche des ersten Substrats auf der Oberfläche des zweiten Substrats aus glasartigem Material vorgenommen wird.

18. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch **gekennzeichnet**, dass nach dem Tempern oder nach dem Wegätzen des

25 ersten Substrates eine Oberfläche des Glassubstrates durch Schleifen und/oder Polieren planiert wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 3 bis 18,
dadurch **gekennzeichnet**, dass vor dem Tempervorgang auf einer dem ersten
Substrat abgewandten Seite des zweiten Substrats ein drittes Substrat plan
5 aufgebracht wird.

20. Verfahren nach Anspruch 19,
dadurch **gekennzeichnet**, dass das dritte Substrat ein Halbleitersubstrat ist,
vorzugsweise in Form eines Siliziumsubstrats.

10

21. Verfahren nach Anspruch 19 oder 20,
dadurch **gekennzeichnet**, dass nach dem Tempervorgang das dritte Substrat mittels
Ätzverfahren entfernt wird und eine plane Oberfläche an der dem ersten Substrat
abgewandten Seite des zweiten Substrats entsteht.

15

22. Mikromechanisches Bauteil, das nach dem Verfahren nach einem der
Ansprüche 2, 4 bis 16 herstellbar ist,
dadurch **gekennzeichnet**, dass in den, auf der vom ersten Substrat abgewandten
Seite, während des Temperns entstandenen Vertiefungen im zweiten Substrat aus
20 glasartigem Material Elektroden angeordnet und die Vertiefungen mit einer elektrisch
leitfähigen elastischen Membran überspannt sind.

23. Verwendung des mikromechanischen Bauteils nach Anspruch 22 als
mikromechanisches Ventil oder Relais.

25

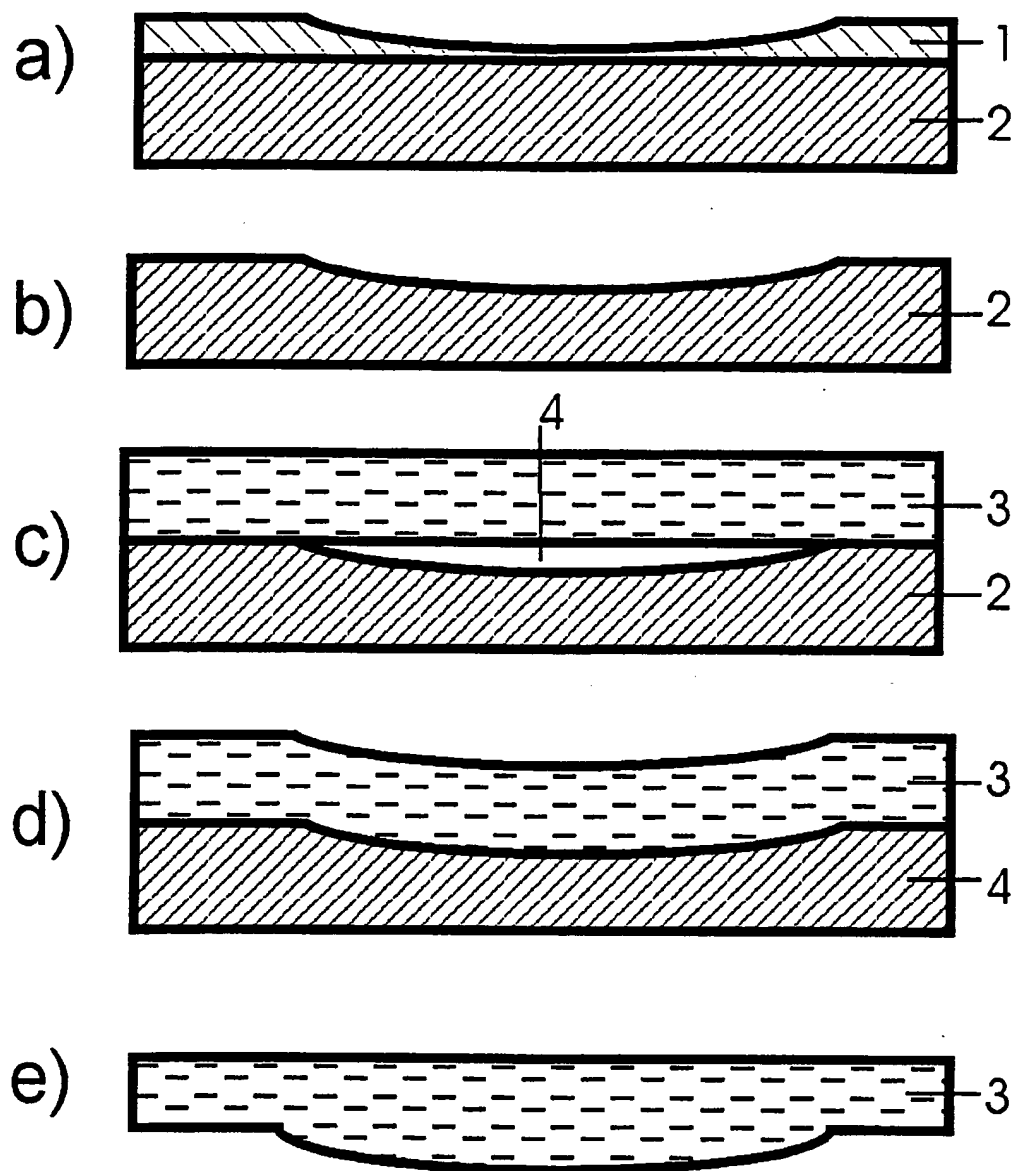


Fig. 1

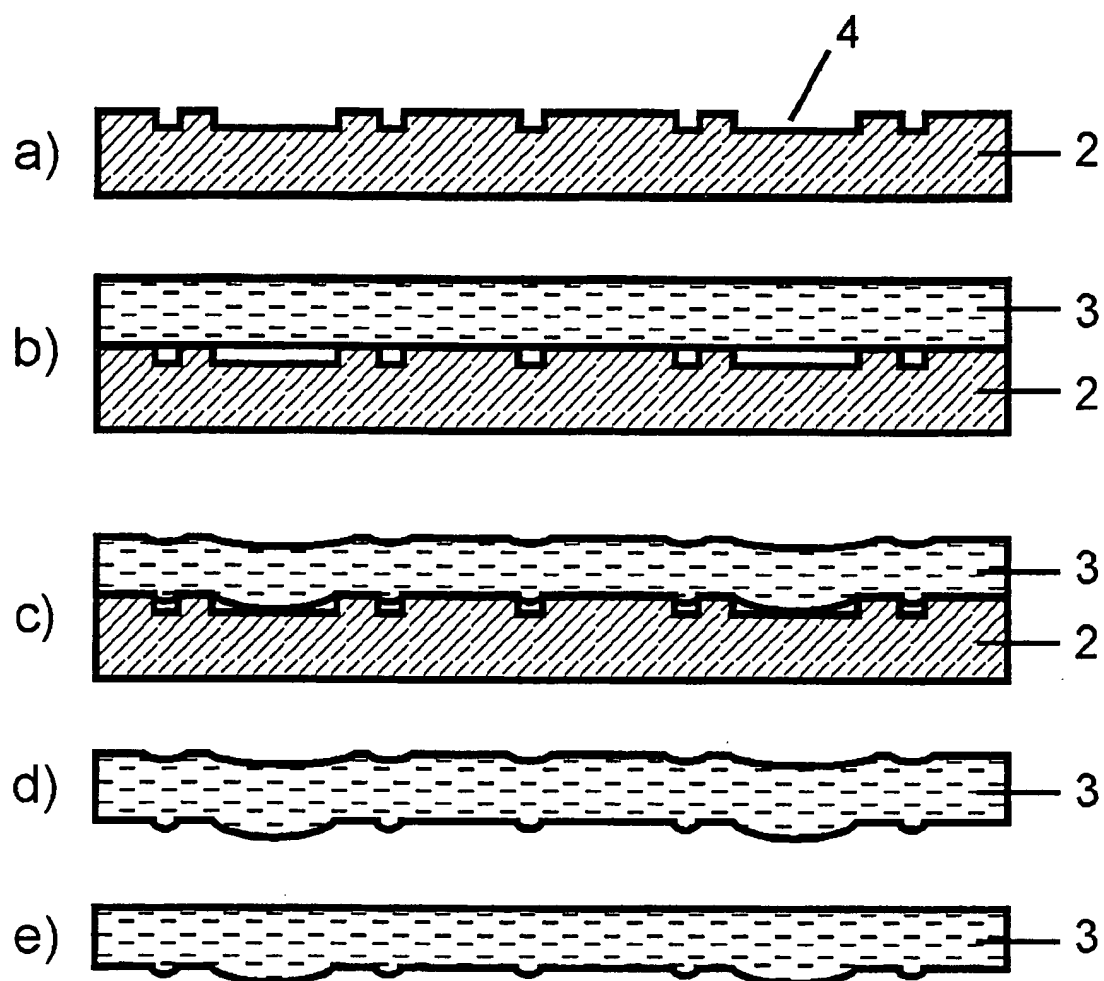


Fig. 2

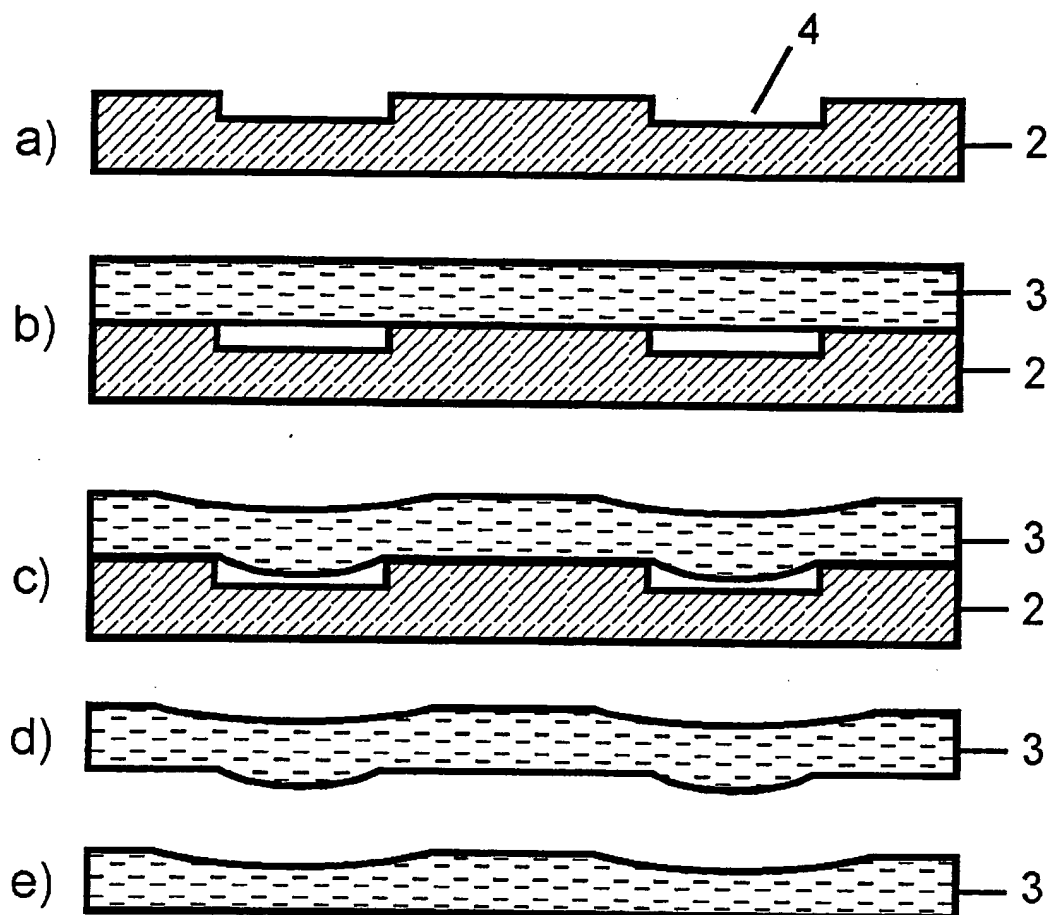


Fig. 3

4/6

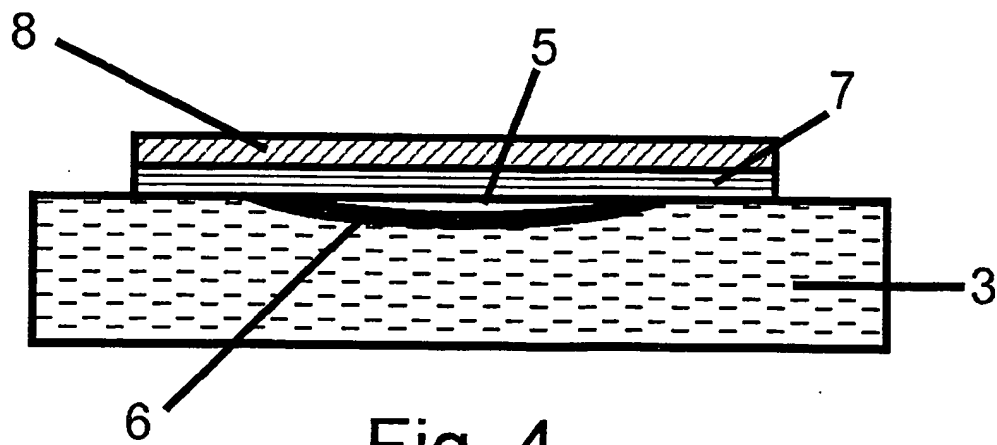


Fig. 4

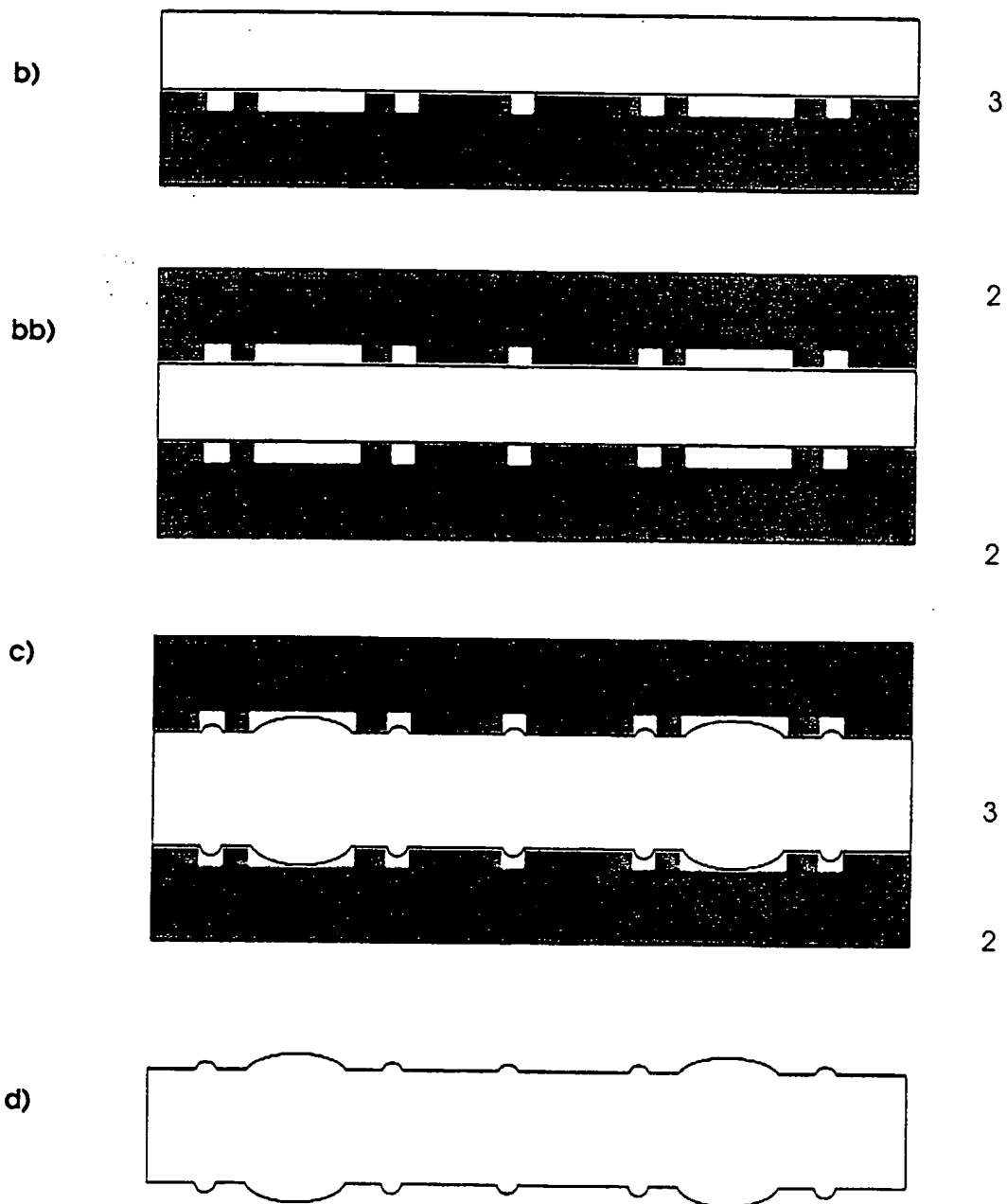
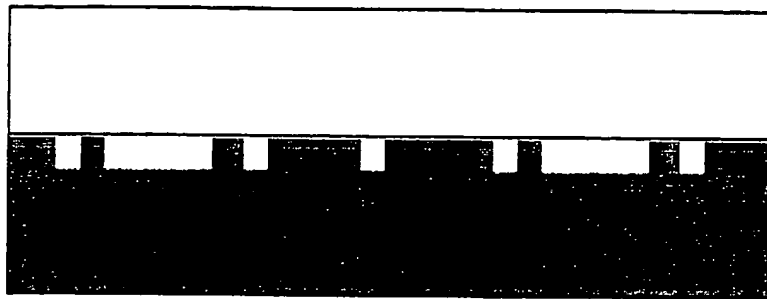


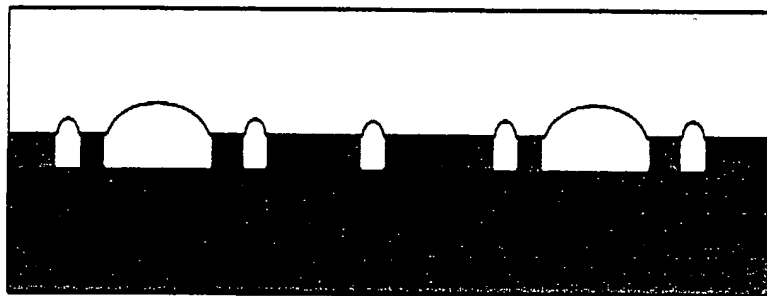
Fig. 5

b)



3

c)



2

d)



3

Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 00/11688

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 C03B23/025 C03B23/203 G02B3/00 G03F7/00 H02N1/00
B81B7/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C03B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 97 19027 A (CORNING INCORPORATED) 29 May 1997 (1997-05-29) the whole document ---	1-23
A	EP 0 690 028 A (MASHIDA ENDOSCOPE CO., LTD.) 3 January 1996 (1996-01-03) the whole document ---	1-23
A	US 3 961 929 A (STCKDALE) 8 June 1976 (1976-06-08) the whole document ---	1-23
A	US 4 883 525 A (BUCKLEY) 28 November 1989 (1989-11-28) the whole document ---	1-23
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 February 2001

Date of mailing of the international search report

19/02/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Van den Bossche, W

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. l. Application No

PCT/EP 00/11688

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 883 524 A (BRISTOL) 28 November 1989 (1989-11-28) the whole document ---	1-23
A	US 5 122 176 A (GOETTLER) 16 June 1992 (1992-06-16) the whole document ---	1-23
A	EP 0 493 202 A (SAINT GOBAIN VITRAGE INTERNATIONAL) 1 July 1992 (1992-07-01) the whole document ---	1-23
A	DE 15 96 490 A (KLEIN) 19 May 1971 (1971-05-19) the whole document -----	1-23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. l. Application No

PCT/EP 00/11688

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9719027 A	29-05-1997	FR 2741357 A DE 69609345 D EP 0862540 A JP 2000504299 T US 6030829 A	23-05-1997 17-08-2000 09-09-1998 11-04-2000 29-02-2000
EP 690028 A	03-01-1996	JP 8011224 A DE 69508310 D DE 69508310 T US 5665136 A	16-01-1996 22-04-1999 25-11-1999 09-09-1997
US 3961929 A	08-06-1976	NONE	
US 4883525 A	28-11-1989	NONE	
US 4883524 A	28-11-1989	US 5147437 A	15-09-1992
US 5122176 A	16-06-1992	NONE	
EP 493202 A	01-07-1992	FR 2670774 A AT 126184 T DE 69112008 D DE 69112008 T DK 493202 T ES 2078480 T FI 916002 A,B, FR 2671070 A GR 3017755 T JP 4275925 A NO 915024 A US 5224978 A	26-06-1992 15-08-1995 14-09-1995 18-04-1996 27-12-1995 16-12-1995 22-06-1992 03-07-1992 31-01-1996 01-10-1992 22-06-1992 06-07-1993
DE 1596490 A	19-05-1971	NONE	

INTERNATIONAL RESEARCH REPORT

Intentionales Aktenzeichen

PCT/EP 00/11688

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7	C03B23/025	C03B23/203	G02B3/00	G03F7/00	H02N1/00
	B81B7/00				

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 C03B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 97 19027 A (CORNING INCORPORATED) 29. Mai 1997 (1997-05-29) das ganze Dokument ----	1-23
A	EP 0 690 028 A (MASHIDA ENDOSCOPE CO., LTD.) 3. Januar 1996 (1996-01-03) das ganze Dokument ----	1-23
A	US 3 961 929 A (STCKDALE) 8. Juni 1976 (1976-06-08) das ganze Dokument ----	1-23
A	US 4 883 525 A (BUCKLEY) 28. November 1989 (1989-11-28) das ganze Dokument ----	1-23
	--- -/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

*T) Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

***Y** Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

'&' Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

12. Februar 2001

Absendedatum des internationalen Rechercheberichts

19/02/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Van den Bossche, W

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/11688

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 883 524 A (BRISTOL) 28. November 1989 (1989-11-28) das ganze Dokument ----	1-23
A	US 5 122 176 A (GOETTLER) 16. Juni 1992 (1992-06-16) das ganze Dokument ----	1-23
A	EP 0 493 202 A (SAINT GOBAIN VITRAGE INTERNATIONAL) 1. Juli 1992 (1992-07-01) das ganze Dokument ----	1-23
A	DE 15 96 490 A (KLEIN) 19. Mai 1971 (1971-05-19) das ganze Dokument -----	1-23

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/11688

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9719027 A	29-05-1997	FR 2741357 A	23-05-1997
		DE 69609345 D	17-08-2000
		EP 0862540 A	09-09-1998
		JP 2000504299 T	11-04-2000
		US 6030829 A	29-02-2000
EP 690028 A	03-01-1996	JP 8011224 A	16-01-1996
		DE 69508310 D	22-04-1999
		DE 69508310 T	25-11-1999
		US 5665136 A	09-09-1997
US 3961929 A	08-06-1976	KEINE	
US 4883525 A	28-11-1989	KEINE	
US 4883524 A	28-11-1989	US 5147437 A	15-09-1992
US 5122176 A	16-06-1992	KEINE	
EP 493202 A	01-07-1992	FR 2670774 A	26-06-1992
		AT 126184 T	15-08-1995
		DE 69112008 D	14-09-1995
		DE 69112008 T	18-04-1996
		DK 493202 T	27-12-1995
		ES 2078480 T	16-12-1995
		FI 916002 A,B,	22-06-1992
		FR 2671070 A	03-07-1992
		GR 3017755 T	31-01-1996
		JP 4275925 A	01-10-1992
		NO 915024 A	22-06-1992
		US 5224978 A	06-07-1993
DE 1596490 A	19-05-1971	KEINE	

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.